

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 9.10.2001

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENTHakija  
ApplicantNokia Mobile Phones Ltd  
EspooPatenttihakemus nro  
Patent application no

20002652

Tekemispäivä  
Filing date

04.12.2000

Kansainvälinen luokka  
International class

H03J

Keksinnön nimitys  
Title of invention**"Menetelmä suodattimen virittämiseksi"**

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kaila  
TutkimussihteeriMaksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite:	Arkadiankatu 6 A	Puhelin:	09 6939 500	Telefax:	09 6939 5328
	P.O.Box 1160	Telephone:	+ 358 9 6939 500	Telefax:	+ 358 9 6939 5328
	FIN-00101 Helsinki, FINLAND				

LI

1

## Menetelmä suodattimen virittämiseksi

5 Nyt esillä oleva keksintö kohdistuu oheisen patenttivaatimuksen 1 johdanto-osassa esitettyyn menetelmään suodattimen virittämiseksi. Keksintö kohdistuu lisäksi oheisen patenttivaatimuksen 8 johdanto-osassa esitettyyn suodattimeen, oheisen patenttivaatimuksen 10 johdanto-osassa esitettyyn elektroniikkalaitteeseen sekä oheisen patenttivaatimuksen 19 johdanto-osassa esitettyyn langattomaan viestintälaitteeseen.

10

Suodattimia käytetään lukuisissa elektronisissa laitteissa erilaisten signaalien käsittelyyn. Suodattimia voidaan jaotella suodattimen taajuusvasteen perusteella, eli sen perusteella, miten suodatin läpäisee tiettyjä taajuuksia. Tunnetaan alipäästösuodattimia, joissa sisääntulevasta signaalista suodatetaan pois tietyn rajataajuuden yläpuolella olevat signaalit. Ylipäästösuodattimessa suoritetaan vastaavasti tietyn rajataajuuden alapuolella olevien signaaleiden suodatus. Kaistanpäästösuodattimessa suodattimen läpäisevät tietyn päästökaistan alueella olevat signaalit ja vastaavasti kaistanestosuodattimella estetään tietyllä taajuusalueella olevien signaalien pääseminen suodattimen läpi. Alipäästösuodattimella on taajuusvaste  $H_{LP}(j\omega)=1/(1+j\omega\tau)$ . Kaistanpäästösuodatin voidaan toteuttaa esimerkiksi alipäästösuodattimesta siirtämällä päästökaista halutulle keskitajuudelle. Tällöin alipäästösuodattimen reaaliset ominaisuudet säilyvät. Tällä tavalla toteutetulla kaistanpäästösuodattimella on päästökaista sekä positiivisella taajuusalueella että negatiivisella taajuusalueella. Tämä voidaan ilmaista myös seuraavana muunnoksena:  $j\omega \rightarrow j\omega_c(\omega/\omega_c - \omega_c/\omega)$ . Tässä tapauksessa kaistanpäästösuodattimella on taajuusvaste, jossa keskitajuus on kohdissa  $\omega=\pm\omega_c$ . Reaalisten suodattimien lisäksi on kehitetty kompleksisia suodattimia. Nämä voidaan aikaansaada lineaarimuunnoksella ( $j\omega \rightarrow j\omega - j\omega_c$ ), jossa reaalisen alipäästösuodattimen taajuuskaista siirretään halutulle keskitajuudelle. Tällaisella kompleksisella suodattimella on tällöin yksi päästökaista  $H_{BP}(j\omega)=1/(1+(j\omega-j\omega_c)\tau)$  positiivisella taajuudella  $\omega = +\omega_c$ . Päästökaistan kaistanleveys on olennaisesti sama kuin alipäästösuodattimen kaistanleveys. Kompleksisia suodattimia käytetään erityisesti suodattamaan selektiivisesti reaalisen tai kompleksisen signaalin positiivisia tai

15  
20  
25  
30  
35

2

negatiivisia taajuuksia. Kuvassa 1a on esitetty reaalisen alipäästösudattimen taajuusvastetta ja kuvassa 1b on esitetty kompleksisen kaistanpäästösudattimen taajuusvastetta. Kompleksisesta kaistanpäästösudattimesta ja kompleksisen kaistanpäästösudattimen päästökaistasta voidaan käyttää myös nimitystä kompleksinen resonaattori.

Ensimmäisen asteen reaalisen alipäästösudattimen siirtofunktio voidaan esittää muodossa  $H_{LP}(j\omega)=1/(1+j\omega\tau)$  ja vastaavasti toisen asteen kompleksisen kaistanpäästösudattimen siirtofunktio voidaan esittää muodossa  $H_{BP}(j\omega)=1/(1+(j\omega-j\omega_c)\tau)$ . Koska reaalisella sudattimella on aina vähintään yksi kompleksikonjugaattinapapari, muodostaa reaalinen sudatin alipäästösudatusfunktion, jonka keskitaajuus on nollataajuudella. Kompleksisella sudattimella on alipäästösudatusominaisuus, jonka keskitaajuutena on jokin taajuus  $\omega_c$ . Koska kompleksisen sudattimen päästökaista on ainoastaan yhdellä puolella nollataajuusaksella, muodostaa kompleksinen sudatin käytännössä kompleksisen kaistanpäästösudatusfunktion, jonka keskitaajuus sijaitsee taajuudella  $\omega_c$ . Aikavakio  $\tau$  määrittää kompleksisen sudattimen päästökaistan rajataajuuden ( $j\omega\tau$ ) ja keskitaajuuden ( $j\omega_c\tau$ ). Mikäli aikavakiota  $\tau$  muutetaan kompleksisen sudattimen tapauksessa, sekä rajataajuus että keskitaajuus muuttuvat, mutta kompleksisen sudattimen hyvyysarvo (Q-arvo) pysyy muuttumattomana. Kuvia 1a ja 1b vertailemalla havaitaan, että kompleksisen sudattimen ominaisuudet poikkeavat reaalisen sudattimen ominaisuuksista. Tämä on eräs syy siihen, miksi kompleksisia sudattimia ja realisudattimia voidaan virittää eri tavalla.

Elektroniikkalaitteiden integrointiasteen kasvaessa sekä kokovaatimusten muutenkin tiukentuessa on sudattimia toteutettu entistä enemmän integroitujen piiriratkaisujen avulla. Kuitenkin sudattimessa tarvitaan aikavakioiden muodostamista, mikä käytännössä on usein toteutettu käyttämällä vastuksia ja kondensaattoreita. Integroiduille piireille muodostettujen vastusten ja kondensaattoreiden toleranssit ovat käytännössä suhteellisen suuret, jolloin integroiduille piireille toteutettujen sudattimien taajuusvaste voi vaihdella merkittävästi

## 3

5 samankin valmistussarjan eri integroiduissa piireissä. Tämä on eräs syy siihen, että sellaiset integroiduilla piireillä toteutetut suodattimet, joissa vaaditaan suurta tarkkuutta, on käytännössä toteutettu säädettävänä suodattimina. Tunnetun tekniikan mukaisten suodattimien  
10 säätö on kuitenkin ongelmallista johtuen mm. siitä syystä, että virityksessä käytettävien komponenttien vaatima tila integroidulta piiriltä on suhteellisen suuri ja/tai virityksessä on käytettävä ulkoisia komponentteja. Lisäksi joissakin tunnetun tekniikan mukaisissa viritysmenetelmissä on se epäkohta, että ne lisäävät elektroniikkalaitteen tehon kulutusta merkittävästi. Viritettävyyden nostaa yleensä myös tuotantokustannuksia  
15 sekä pidentää tuotantoon tarvittavaa aikaa. Käytännössä suodattimien viritys tunnetun tekniikan mukaisissa reaalisisä suodattimissa toteutetaan esimerkiksi siten, että integroidulle piirille muodostetun virityskondensaattorin kapasitanssia muutetaan lasersäteiden avulla. Käytännössä tämä virittäminen on tehtävä laitteen tuotantovaiheessa ja lisäksi tällainen menetelmä on hidas ja kallis. Tämä menetelmä ei myöskään mahdollista virityksen toistettavuutta ja käytön aikaista viritystä. Tunnetun tekniikan mukaisissa viritysmenetelmissä ei myöskään voida  
20 huomioida ympäristön lämpötilamuutosten vaikutusta suodattimen taajuusvasteeseen.

Nyt esillä olevan keksinnön eräänä tarkoituksena on aikaansaada menetelmä suodattimen virittämiseksi. Keksintö perustuu siihen  
25 ajatukseen, että suodattimen virittämiseksi suodattimeen syötetään referenssisignaali, mitataan suodattimen lähdössä olevan signaalin voimakkuutta ja säädetään referenssisignaalin taajuutta ja/tai suodattimen aikavakiota ja/tai resonaattorin taajuutta, kunnes suodattimen lähtösignaalista voidaan päätellä virityksen olevan kohdallaan. Täsmällisemmin ilmaistuna nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle  
30 menetelmälle on pääasiassa tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle suodattimelle on pääasiassa tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 8 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle elektroniikkalaitteelle on  
35 pääasiassa tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 10 tunnusmerkkiosassa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle langattomalle viestintälaitteelle on vielä

4

pääasiassa tunnusomaista se, mitä on esitetty oheisen patenttivaatimuksen 19 tunnusmerkkiosassa.

5 Nyt esillä olevalla keksinnöllä saavutetaan merkittäviä etuja tunnetun tekniikan mukaisiin ratkaisuihin verrattuna. Keksinnön mukaista menetelmää käytettäessä voidaan suodatin, kuten kompleksinen suodatin, virittää ilman ulkopuolisten komponenttien tarvetta, koska suodatin ja virityksessä tarvittavat komponentit on sijoitettu integroidulle piirille. Myös viritystarkkuutta saadaan paremmaksi ja nopeammaksi kuin  
10 tunnetun tekniikan mukaisissa viritysmenetelmissä. Virityksen yhteydessä ei myöskään tarvita ulkopuolisia testisignaaleja, koska kyseessä on itsevirittyvä järjestelmä. Lisäksi viritys voidaan suorittaa väliajoin automaattisesti tai esimerkiksi silloin, kun laite kytketään päälle. Keksinnön mukainen menetelmä mahdollistaa mm.  
15 kompleksisen suodattimen käytön esimerkiksi välitajuussuodattimen tilalla, jolloin langattoman viestintälaitteen kokoa voidaan pienentää ja piiripinta-alaa säästää. Nyt esillä oleva keksintö parantaa myös suodattimen ja suodatinta käyttävien laitteiden luotettavuutta ja laatua. Lisäksi laitteiden asennus- ja tuotantokustannuksissa voidaan säästää,  
20 koska tuotantovaiheessa ei tarvitse suorittaa suodattimien viritystä. Lisäksi se, että keksinnön mukaisen suodattimen yhteydessä ei tarvita ulkopuolisia virityskomponentteja, lisää laitteen käyttövarmuutta, koska tällaisten ulkopuolisten komponenttien juotokset saattavat irrota laitteen vanhentuessa ja mahdollisten iskujen ja tärinän kohdistuessa  
25 laitteeseen. Keksinnön mukainen suodatin on lisäksi lämpötilan suhteen stabiilimpi, jolloin se ei ole niin herkkä lämpötilan vaihteluille. Keksinnön mukaisella viritysmenetelmällä signaalin laatua saadaan parannettua.

30 Nyt esillä olevaa keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin viitaten samalla oheisiin piirustuksiin, joissa

kuva 1a esittää reaalisen alipäästösuodattimen taajuusvastetta,

35 kuva 1b esittää kompleksisen kaistanpäästösuodattimen taajuusvastetta,

5

kuva 2 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista kompleksisen kaistanpäästösuodattimen päästökaistan etsintämenetelmää taajuus/amplitudikoordinaatistossa,

5 kuva 3 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen elektroniikkalaitteen vastaanotinta pelkistettynä lohkokaaaviona,

10 kuva 4 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen kompleksisen suodattimen kytkentäkaaviota.

Selostetaan seuraavaksi kuvassa 3 esitettyä keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen elektroniikkalaitteen, kuten langattoman viestintälaitteen, vastaanotinta 1. Vastaanotin 1 käsittää antennin 2, jonka kautta vastaanotettava signaali johdetaan pienikohinaiseen suurtaajuusvahvistimeen 3 (LNA, Low Noise Amplifier) vahvistettavaksi. Vahvistettu signaali johdetaan sekoittimeen 4 (Mixer). Sekoittimessa 4 suoritetaan vahvistetun signaalin sekoittaminen paikallisoskillaattorin 12 muodostamaan paikallisoskillaattorisignaaliin. Tästä paikallisoskillaattorisignaalista on edullisesti vaiheensiirtolohkossa 13 muodostettu vielä toinen paikallisoskillaattorisignaali, jonka taajuus on sama mutta vaihe-ero n.  $90^\circ$  verrattuna paikallisoskillaattorin muodostamaan signaaliin. Tällöin sekoittimen 4 ulostulosta saadaan joko välitaajuudella tai kantataajuudella oleva signaali, joka käsittää 25 kaksi erivaiheista signaalia. Tällaisia signaaleja nimitetään tavallisesti kvadratuurisignaaleiksi I (In phase) ja Q (Quadrature phase). Sekoitustuloksena muodostetut, edullisesti differentiaaliset kvadratuurisignaalit mixI+, mixI-, mixQ+, mixQ- johdetaan suodattimeen 5 suodatettavaksi. Suodattimen 5 ulostulossa on edullisesti differentiaalinen kvadratuurisignaali 30 outI+, outI-, outQ+, outQ-, johon vaikuttaa mm. suodattimen taajuusvaste. Mikäli sekoittimessa 4 on muodostettu välitaajuus-signaali, pyritään suodattimessa 5 poistamaan tästä välitaajuus-signaalista halutun päästökaistan ulkopuolella olevat signaalit. Tällöin suodatin 5 toimii kaistanpäästösuodattimena, jonka päästökaista on 35 pyritty asettamaan välitaajuudelle. Päästökaistan keskitaajuutta ja leveyttä voidaan muuttaa, kuten myöhemmin tässä selityksessä esitetään. Suodattimesta 5 lähtevä signaali johdetaan

6

5 analogia/digitaalimuuntimeen 6 (ADC, Analog-to-Digital Converter), jossa signaalista muodostetaan digitaalisia näytteitä. Lisäksi suodatettu signaali johdetaan signaalinvoimakkuusilmaisimeen 7 (RSSI, Received Signal Strength Indicator). Tämän signaalinvoimakkuusilmaisimen 7  
10 tarkoituksena on muodostaa vastaanotetun signaalin voimakkuuteen verrannollinen signaali, jonka perusteella pyritään eliminoimaan vastaanotetun signaalin voimakkuusvaihteluiden vaikutus hyötyinformaation ilmaisuun. Analogia/digitaalimuunnin 6 voi käsittää omat muunninlohkot suodatetun signaalin ja signaalinvoimakkuusilmaisimen  
15 7 muodostaman signaalin muuntamiseksi digitaaliseen muotoon, tai mikäli analogia/digitaalimuuntimessa ei ole erillisiä muuntimia, voidaan kytkimellä tai vastaavalla (ei esitetty) ohjata muunnettavaksi kulloinkin haluttu signaali. Kellosignaali CLK ohjataan analogia/digitaalimuuntimen näytteenottohetkiä ja näytteenottotaajuutta. Digitaaliset  
20 näytteet johdetaan ohjauslohkoon 8, joka käsittää mm. vastaanottimen kantataajuusosan (ei esitetty).

Ohjauslohkossa 8 suoritetaan digitaaliseen muotoon muunnetun vastaanotetun signaalin jatkokäsittelyvaiheet sinänsä tunnetusti.  
20 Lisäksi ohjauslohkossa 8 tutkitaan mm. signaalinvoimakkuusilmaisimen 7 muodostamasta signaalista otettuja näytteitä ja niiden perusteella päätellään mahdolliset signaalinvoimakkuusvaihtelut. Nämä signaalinvoimakkuusvaihtelut voidaan digitoidusta hyötysignaalista eliminoida esim. suorittamalla näytteille kertolasku tarvittaessa. Eräs toinen mahdollisuus on se, että signaalinvoimakkuustiedon perusteella säädetään  
25 vahvistimen 2 vahvistusta.

Suodatin 5, jonka eräs edullinen suoritusmuoto on esitetty kuvassa 4, on edullisesti kompleksinen kaistanpäästösuodatin, mutta keksinnön  
30 mukaista viritysmenetelmää voidaan soveltaa myös muun tyyppisten suodattimien yhteydessä. Kuvan 4 mukainen keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukainen suodatin 5 käsittää olennaisesti identtiset suodatinlohkot 5a, 5b. Suodatinlohkoille 5a, 5b signaalit johdetaan edullisesti differentiaalisignaaleina, ja suodattimen  
35 lähtösignaalit ovat edullisesti differentiaalisignaaleja. On kuitenkin selvää, että nyt esillä olevaa keksintöä voidaan soveltaa muidenkin kuin differentiaalisten kvadratuurisignaalien yhteydessä. Ensimmäisen

7

suodatinlohkon 5a tarkoituksena on suorittaa ensimmäisen signaalin mixl+, mixl-, refl+, refl- suodatus ja vastaavasti toisen suodatinlohkon 5b tarkoituksena on suorittaa toisen, vaihesiirretyn signaalin mixQ+, mixQ-, refQ+, refQ- suodatus. Tällöin ensimmäisen suodatinlohkon 5a differentiaalilähdöstä outl+, outl- saadaan kaistanpäästösuoatettu I-signaali ja vastaavasti toisen suodatinlohkon 5b differentiaalilähdöstä outQ+, outQ- saadaan kaistanpäästösuoatettu Q-signaali. Kaistanpäästösuoatettujen I- ja Q-signaalien taajuus on joko negatiivisella taajuusalueella tai positiivisella taajuusalueella.

10

Suodatinlohkot 5a, 5b käsittävät tässä edullisessa suoritusmuodossa differentiaalivahvistimen 11a, 11b, vastukset R1a, R1b, R2a, R2b, R3a, R3b; R1c, R1d, R2c, R2d, R3c, R3d, ja kondensaattorit C1a, C1b, C1c, C1d. Oletetaan, että vastusten R1a, R1b, R1c, R1d resistanssit ovat keskenään olennaisesti samat, jolloin selvyiden vuoksi voidaan näistä vastuksista käyttää myös merkintää R1. Vastaavasti vastusten R2a, R2b, R2c, R2d resistanssit ovat keskenään olennaisesti samat, jolloin näistä vastuksista voidaan käyttää myös merkintää R2, kuten myös vastusten R3a, R3b, R3c, R3d resistanssit ovat keskenään olennaisesti samat, jolloin näistä vastuksista voidaan käyttää myös merkintää R3. Oletetaan vielä, että kondensaattoreiden C1a, C1b, C1c, C1d kapasitanssit ovat keskenään olennaisesti samat, jolloin selvyiden vuoksi voidaan näistä kondensaattoreista käyttää myös merkintää C1. Kaistanpäästösuoatattimen kaistanleveys määräytyy vastuksen R1 ja kondensaattorin C1 perusteella. Vastaavasti kaistanpäästösuoatattimen (resonaattorin) keskitaajuus määräytyy vastuksen R3 ja kondensaattorin C1 perusteella. Hyvyysarvo Q voidaan ilmaista vastusten R1, R3 ja kondensaattorin C1 avulla seuraavasti:  $R3C1/R1C1=R3/R1$ . Hyvyysarvo on siis riippumaton kondensaattorin C1 kapasitanssista eli hyvyysarvo on vakio vastusten R1, R3 ollessa muuttumattomia. Kompleksisen suodattimen raja-taajuus ja vahvistus määräytyy vastusten R1a, R2a; R1b, R2b; R1c, R2c; R1d, R2d ja kondensaattorin C1a, C1b, C1c, C1d arvojen perusteella. Vastaavasti suodattimen keskitaajuus määräytyy vastuksen R3a, R3b, R3c, R3d ja kondensaattorin C1a, C1b, C1c, C1d perusteella. Kuvan 4 mukainen suodatin 5 on järjestetty säädettäväksi esim. käyttämällä aktiivista RC-suodatintekniikkaa siten, että

35

## 8

- kondensaattori C1a, C1b, C1c, C1d on säädettävä kondensaattori, jonka kapasitanssia voidaan muuttaa. Eräänä toisena vaihtoehtona on se, että suodattimen 5 yhteyteen on järjestetty joukko kondensaattoreita, joista voidaan valita kulloinkin tarvittavat kondensaattorit.
- 5 Tässä vaihtoehdossa kondensaattoreiden kapasitanssit on painotettu sopivimmin kahden potensseissa, eli esim. neljää kondensaattoria käytettäessä yhden kondensaattorin kapasitanssi on 1C (C on esim. 1 pF), toisen kondensaattorin kapasitanssi on 2C, kolmannen kondensaattorin kapasitanssi on 4C, ja neljännen kondensaattorin
- 10 kapasitanssi on tällöin 8C. Tällöin on kaikilla valintakombinaatioilla mahdollista aikaansaada kapasitanssin säätöalue 0—15C yhden C:n portain. Kapasitanssien valinta voidaan tällöin toteuttaa n-kappaleella binäärisiä valintalinjoja, missä n=valittavissa olevien kondensaattoreiden määrä.
- 15 Molempien suodatinlohkojen 5a, 5b tulisi sähköiseltä toiminnaltaan olla mahdollisimman identtiset, ettei kvadratuurisignaaleihin aiheudu keskinäistä vääristymistä. Tällöin eri suodatinlohkoissa 5a, 5b toisiaan vastaavien komponenttien, erityisesti vastusten ja kondensaattoreiden
- 20 tulisi olla mahdollisimman identtiset. Integroiduissa piireissä tämä seikka voidaan huomioida piirin geometrisessa suunnittelussa. Tällöin esim. vastusten R1a, R1b, R1c, R1d resistanssit ovat olennaisesti samat. Vastaavasti vastusten R2a, R2b, R2c, R2d resistanssit ovat keskenään olennaisesti samat ja vastusten R3a, R3b, R3c, R3d
- 25 resistanssit ovat keskenään olennaisesti samat. Lisäksi kondensaattoreiden C1a, C1b, C1c, C1d kapasitanssit ovat olennaisesti samat.
- 30 Seuraavassa selostetaan keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista menetelmää kuvan 3 mukaisessa vastaanottimessa 1, jossa käytetään kuvan 4 mukaista kompleksista suodatinta 5. Ohjauslohkosta 8 johdetaan valintasignaali valintalinjan 14 välityksellä kompleksiselle suodattimelle siinä vaiheessa, kun kompleksista suodatinta on tarkoitus säätää. Tällä valintasignaali asetetaan kytkin
- 35 10 asentoon, jossa kellosignaali johdetaan jakajapiirille 9. Jakajapiirissä 9 kellosignaalista muodostetaan kaksi samantaajuista, mutta erivaiheista differentiaalista vertailusignaalia refl+, refl-; refQ+, refQ-.

9

- Nämä differentiaaliset vertailusignaalit refl+, refl-; refQ+, refQ-, ovat sopivimmin n. 90° vaihesiirrossa keskenään. Lisäksi kompleksisen suodattimen tulolinjojen yhteyteen on edullisesti järjestetty kytkinlohko 15, jolla voidaan valita kompleksiseen suodattimeen 5 johdettavaksi signaaliksi joko sekoittimen 3 muodostamat signaalit mixl+, mixl-, mixQ+, mixQ- tai jakajapiirin 9 muodostamat vertailusignaalit refl+, refl-, refQ+, refQ-. Kytkinlohkon kytkinten asentoa ohjataan edullisesti mainitulla valintalinjan 14 signaalilla.
- 10 Siinä vaiheessa, kun kompleksisen suodattimen säätö on tarkoitus suorittaa, jakajapiirissä 9 muodostetut erivaiheiset vertailusignaalit refl+, refl-, refQ+, refQ- johdetaan kompleksiseen suodattimeen 5. Kompleksisen suodattimen 5 ensimmäiseen differentiaalituloon inl+, inl- johdetaan jakajassa 9 muodostettu ensimmäinen vertailusignaali refl+, refl-. Vastaavasti kompleksisen suodattimen 5 toiseen differentiaalituloon inQ+, inQ- johdetaan jakajassa 9 muodostettu toinen vertailusignaali refQ+, refQ-. Sekoittimesta 3 tulevaa signaalia ei siis virityksen aikana johdeta suodatinkohkeihin 5a, 5b.
- 20 Oletetaan, että viritys suoritetaan pitämällä kellosignaalien taajuus olennaisesti vakiona ja säätämällä kondensaattoreiden C1a, C1b, C1c, C1d kapasitanssia. Jakajasta 9 syötetyt kellosignaalit suodatetaan kompleksisessa suodattimessa 5. Suodattimen virityksessä tutkitaan kompleksisen suodattimen 5 ulostulosignaalin voimakkuutta. Ulostulosignaalina käytetään ensimmäistä differentiaalista lähtösignaalia outl+, outl- tai toista differentiaalista lähtösignaalia outQ+, outQ-, tai molempia. Ulostulosignaali johdetaan joko suoraan analogia/digitaalimuuntimelle 6, jolloin signaalinvoimakkuus voidaan päätellä suoraan ulostulosignaalista otettavista digitaalisista näytteistä, tai ulostulosignaali johdetaan ensin signaalinvoimakkuusindikaattorille 7, jonka muodostama signaali muunnetaan digitaalseksi analogia/digitaalimuuntimessa 6, jolloin signaalinvoimakkuus voidaan päätellä signaalinvoimakkuusindikaattorin 7 muodostamasta signaalista otettavista digitaalisista näytteistä. Digitoitua signaalia tutkitaan ohjauslohkossa 8. Tavoitteena on löytää yhden tai useamman kompleksisen resonaattorin sijainti. Tämän selvittämiseksi ohjauslohko 8 muuttaa virityssignaalin arvoa. Tämän virityssignaalin
- 25
- 30
- 35

10

arvoa muuttamalla muuttuu kondensaattorin C1a, C1b, C1c, C1d kapasitanssi. Tämä kapasitanssin muutos aikaansaa kompleksisen suodattimen 5 suodatinlohkojen 5a, 5b aikavakioihin muutoksen, jolloin kompleksisen resonaattorin paikka myös muuttuu. Ohjauslohko 8  
5 vertaa tämän jälkeen virityksessä käytettävän signaalin arvoa aikaisempaan mittaustulokseen. Mikäli vertailu osoittaa, että signaalin-voimakkuus kasvoi, oletetaan, että virityssignaalin muutos aiheutti oikeansuuntaisen muutoksen kompleksisen resonaattorin sijainnissa. Kuvassa 2 on havainnollistettu tätä viritystä. Vertailusignaalin taajuutta  
10 on esitetty katkoviivalla kohdassa  $\omega_r$  ja kompleksista resonaattoria esittää viiva, joka on merkitty viitteellä pc. Kapasitanssiarvon muutos siirtää kompleksisen resonaattorin sijaintia taajuusakselin j $\omega$  suunnassa. Kuten kuvasta 2 voidaan havaita, muutos kohti vertailusignaalin taajuutta nostaa kompleksiselta suodattimelta ulos-  
15 tulevan signaalin voimakkuutta. Vastaavasti, jos virityssignaalin muuttaminen aikaansaa kompleksisen resonaattorin siirtymisen kauemmaksi vertailusignaali-taajuudesta, pienenee kompleksiselta suodattimelta ulostulevan signaalin voimakkuus. Tällöin ohjauslohko 8 muuttaa virityssignaalin arvoa toiseen suuntaan, jolloin kompleksinen  
20 resonaattori siirtyy myös eri suuntaan kuin edellisellä virityssignaalin muutoksella. Tätä edellä esitettyä virityssignaalin muuttamista jatketaan niin kauan, kunnes signaalin voimakkuuden maksimi on löytynyt. Tämä maksimi ilmaisee oikean virityksen, eli kompleksinen resonaattori on asetettu olennaisesti vertailusignaalin taajuuden  
25 kohdalle. Tällä tavoin kompleksinen resonaattori saadaan haluttuun kohtaan, jos vertailusignaalin taajuus valitaan sopivasti. Toisaalta, vaikka virityksessä käytetyn vertailusignaalin taajuus ei vastaisikaan kompleksiselle resonaattorille haluttua sijaintia, voidaan vertailu-signaalin avulla selvitettyä tietoa kompleksisen resonaattorin sijainnista  
30 käyttää kompleksisen resonaattorin virityksessä kohdalleen. Tämä voidaan tehdä esim. laskennallisesti, kun on tiedossa kompleksisen resonaattorin sijainti tietyllä virityssignaalin arvolla.

Kondensaattoreina C1a, C1b, C1c, C1d käytetään edullisesti  
35 jännitteellä säädettäviä kondensaattoreita (varaktoreita), jolloin virityssignaalina käytetään jännitesignaalia. Tämä jännitesignaali voidaan

muodostaa sinänsä tunnetusti esimerkiksi digitaali/analogia-muuntimella (ei esitetty).

- 5 Eräänä toisena vaihtoehtona viritykselle on se, että muutetaan vertailusignaalin kellosignaalin taajuutta ja pidetään kondensaattorin C1 kapasitanssi muuttumattomana. Tällöin signaalin voimakkuuden perusteella voidaan päätellä se, millä kellotaajuudella signaalin voimakkuus on maksimissaan. Tämän tiedon perusteella voidaan selvittää kompleksisen resonaattorin sijainti ja suorittaa kompleksisen
- 10 suodattimen viritys määrittämällä kompleksisen resonaattorin sijainnin poikkeama tavoitesijainnista ja laskemalla tämän poikkeaman korjaamisessa tarvittava virityssignaalin arvo, edullisesti jännitemuutos virityslinjassa 16, mikäli kondensaattoreina C1a, C1b, C1c, C1d käytetään jännitteellä säädettäviä kondensaattoreita. Vastaavasti
- 15 käytettäessä kondensaattoreina C1a, C1b, C1c, C1d vakiokapasitanssisia kondensaattoreita ja valintakytkimiä, kuten MOS-kytkimiä (ei esitetty), virityslinjaan asetetaan halutun kapasitanssiarvon aikaansaava ohjaustieto, kuten n-bittinen binääriluku.
- 20 On selvää, että edellä esitetyt kaksi eri viritysmenetelmää voidaan myös yhdistää, jolloin muutetaan sekä vertailusignaalin taajuutta että virityssignaalin arvoa.
- 25 Vaikka edellä on esitetty vain yhden kompleksisen suodattimen virittämistä, joka koostuu yhdestä kompleksisesta resonaattorista, voidaan keksintöä soveltaa myös sellaisten kompleksisten suodattimien 5 virityksessä, joissa on useampia kuin yksi kompleksinen resonaattori. Tällöin virityksellä pyritään löytämään signaalinvoimakkuudesta useampia maksimeita, mikäli kompleksiset resonaattorit on
- 30 viritetty eri taajuuksille. Toisaalta kompleksiset resonaattorit voidaan virittää myös olennaisesti samalle taajuudelle, jolloin pyritään löytämään yksi maksimikohta, joka ilmaisee näiden resonaattoreiden päästökaistan sijainnin. Keksinnön mukaista viritysmenetelmää käytettäessä voidaan tällaisen kompleksisen suodattimen 5 suoritus-
- 35 kykyä merkittävästi parantaa. Kompleksisen resonaattorin hyvyysluku on sitä korkeampi mitä korkeampi on yhden resonaattorin hyvyysluku ja mitä useampia resonaattoreita on peräkkäin Tämä tarkoittaa sitä,

12

että useampien kompleksisten resonaattoreiden hyvyysluku on korkeampi (parempi) kuin yhden kompleksisen resonaattorin hyvyysluku. Sellaisissa kompleksisissa suodattimissa 5, joissa on useita kompleksisia resonaattoreita, on viritys helpommin suoritettavissa, 5 koska tällaisen kompleksisen suodattimen 5 ulostulosignaalin voimakkuuden vaihtelut ovat suuremmat kuin sellaisessa kompleksisessa suodattimessa, jossa on vain yksi kompleksinen resonaattori.

10 Viritys voidaan suorittaa myös siten, että asetetaan virityssignaalin arvo aluksi ensimmäiseen raja-arvoon, esim. minimiarvoon. Tämän jälkeen kasvatetaan virityssignaalin arvoa ja mitataan kompleksisen suodattimen lähtösignaalin voimakkuutta. Näitä toimenpiteitä toistetaan, kunnes virityssignaali on saavuttanut toisen raja-arvon, esim. maksimi-  
15 arvon. Virityksen aikana ohjauslohko 8 tutkii lähtösignaalin voimakkuutta eri virityssignaalin arvoilla ja tallentaa muistiin 17 sellaiset virityssignaalin arvot, joilla lähtösignaalissa oli maksimikohta. Tällä menetelmällä voidaan löytää kompleksisesta suodattimesta 5 useita kompleksisten resonaattoreiden päästökaistojen sijainti. Toisaalta useiden kompleksisten resonaattoreiden päästökaistojen etsimiseen  
20 voidaan käyttää useampia kuin yhtä virityslinjaa, jolloin kullakin virityslinjalla voidaan virittää ainakin yksi kompleksinen resonaattori edellä esitettyä menetelmää soveltamalla.

Sen jälkeen kun suodatin on viritetty, asettaa ohjauslohko virityslinjaan  
25 16 arvon, jolla kompleksisen suodattimen päästökaista asettuu haluttuun kohtaan. Vastaavasti useampia virityslinjoja käytettäessä kuhunkin virityslinjaan asetetaan arvo, jolla ao. kompleksisen resonaattorin päästökaista saadaan viritettyä kohdalleen. Ohjauslohko 8 asettaa vielä valintalinjan 14 tilaan, jossa valintakytkin 10 ei päästä  
30 kellosignaalia jakajapiirille 9. Lisäksi kytkinlohko 15 asetetaan tilaan, jossa kompleksiselle suodattimelle johdetaan sekoittimella 3 muodostetut signaalit mixI+, mixI-, mixQ+, mixQ-, minkä jälkeen vastaanotinta voidaan jälleen käyttää hyötysignaalin vastaanottoon.

35 Keksinnön mukaista viritystä voidaan toistaa tarvittaessa. Viritys voidaan suorittaa esimerkiksi silloin, kun vastaanotin kytketään päälle. Viritys voidaan suorittaa myös määräväleihin. Koska viritys voidaan

## 13

suorittaa myös vastaanottimen käytön aikana, voidaan vastaanottimen toiminta saada varmemmaksi. Lisäksi erilaiset valmistustoleranssien aiheuttamat eroavuudet ja lämpötilan vaihtelun muutokset voidaan kompensoida keksinnön mukaista viritysmenetelmää käytettäessä.

5

Keksinnön mukaista kompleksista suodatinta voidaan soveltaa lukuisissa erilaisissa elektronisissa laitteissa. Edellä esitetty vastaanotinsovellus on vain eräs, ei rajoittava esimerkki keksinnön mukaisen kompleksisen suodattimen käyttökohteista. Keksintöä voidaan soveltaa mm. langattomissa viestintälaitteissa, lyhyen kantaman radiotiedonsiirtovälineissä, joista eräinä esimerkkeinä mainittakoon ns. Bluetooth-radiotiedonsiirtovälineet ja langaton lähiverkko (WLAN, Wireless Local Area Network). Keksintöä voidaan edullisesti soveltaa vastaanottimissa, joissa käytetään matalaa välitaajuutta. Tällöin sekoittimessa 4 signaali muunnetaan välitaajuussignaaliksi.

10

15

On selvää, että nyt esillä olevaa keksintöä ei ole rajoitettu ainoastaan edellä esitettyihin suoritusmuotoihin, vaan sitä voidaan muunnella oheisten patenttivaatimusten puitteissa.

20

Patenttivaatimukset:

- 5 1. Menetelmä suodattimen (5) virittämiseksi, jossa suodattimessa (5) on ainakin yksi muutettavissa oleva aikavakio, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan (pc) sijaintia voidaan muuttaa, **tunnettu** siitä, että virityksessä suodattimeen (5) syötetään ainakin yksi vertailusignaali, ja suoritetaan ainakin yksi seuraavista:
- muutetaan mainitun ainakin yhden vertailusignaalin taajuutta,
  - muutetaan mainittua ainakin yhtä suodattimen (5) aikavakiota,
- 10 jolloin menetelmässä lisäksi mitataan suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuutta, ja määritetään suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittauksen perusteella mainitun suodattimen päästökaistan (pc) sijainti.
- 15 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä etsitään mittausten perusteella ainakin yksi lähtösignaalin voimakkuuden maksimikohta.
- 20 3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä muutetaan mainitun vertailusignaalin taajuutta, kunnes ainakin yksi maksimikohta on löytynyt, jolloin mainitun vertailusignaalin taajuus mainitussa maksimikohdassa ilmaisee suodattimen päästökaistan (pc) sijainnin.
- 25 4. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä muutetaan mainittua ainakin yhtä suodattimen (5) aikavakiota, kunnes ainakin yksi maksimikohta on löytynyt, jolloin mainitun vertailusignaalin taajuus ja mainittu aikavakio mainitussa maksimikohdassa ilmaisevat suodattimen päästökaistan (pc) sijainnin.
- 30 5. Jonkin patenttivaatimuksen 1—4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että suodattimen (5) viritys suoritetaan automaattisesti.
- 35 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että suodattimen (5) viritys suoritetaan väliajoin.

15

7. Jonkin patenttivaatimuksen 1—6 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittuna suodattimena (5) käytetään kompleksista suodatinta.

5 8. Suodatin (5), joka käsittää ainakin yhden muutettavissa olevan alkavakion, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan (pc) sijaintia voidaan muuttaa, **tunnettu** siitä, että suodatin (5) käsittää välineet (14, 15) ainakin yhden vertailusignaalin syöttämiseksi suodattimeen (5), ja välineet (outl+, outl-, outQ+, outQ-) suodatti-  
10 men (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittaamiseksi, jolloin mainitun suodattimen päästökaistan (pc) sijainti on järjestetty määritettäväksi suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittauksen perusteella.

15 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen suodatin, **tunnettu** siitä, että se käsittää ainakin yhden kompleksisen suodattimen.

20 10. Elektroniikkalaite, joka käsittää ainakin yhden suodattimen (5), joka käsittää ainakin yhden muutettavissa olevan aikavakion, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan (pc) sijaintia voidaan muuttaa, **tunnettu** siitä, että elektroniikkalaite käsittää lisäksi välineet (14, 15) ainakin yhden vertailusignaalin syöttämiseksi mainittuun suodattimeen (5), välineet mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisen taajuussuhteen muuttami-  
25 seksi, ja välineet (outl+, outl-, outQ+, outQ-) suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittaamiseksi eri mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisillä taajuussuhteilla, jolloin mainitun suodattimen (5) päästökaistan sijainti on järjestetty määritettäväksi suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittauksen ja mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisen  
30 taajuussuhteen perusteella.

35 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (8, 16) ainakin yhden lähtösignaalin voimakkuuden maksimikohdan etsimiseksi mittausten perusteella.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (8, 9) mainitun vertailusignaalin taajuuden

16

muuttamiseksi ainakin yhden maksimikohdan etsimistä varten, jolloin mainitun vertailusignaalin taajuus mainitussa maksimikohdassa ilmaisee suodattimen päästökaistan (pc) sijainnin.

- 5 13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (8, 16) mainitun ainakin yhden suodattimen (5) aikavakion muuttamiseksi ainakin yhden maksimikohdan etsimistä varten, jolloin mainitun vertailusignaalin taajuus ja mainittu aikavakio mainitussa maksimikohdassa ilmaisevat suodattimen päästö-  
10 kaistan (pc) sijainnin.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu** siitä, että välineet (8, 16) mainitun ainakin yhden suodattimen (5) aikavakion muuttamiseksi käsittävät säädettävän kondensaattorin.

- 15 15. Patenttivaatimuksen 13 tai 14 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu** siitä, että välineet (8, 16) mainitun ainakin yhden suodattimen (5) aikavakion muuttamiseksi käsittävät ainakin yhden kondensaattorin, ja valintavälineet mainitun ainakin yhden kondensaattorin  
20 irrotettavasti kytkemiseksi mainittuun suodattimen (5) aikavakioon.

16. Jonkin patenttivaatimuksen 10—15 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (8) suodattimen (5) virityksen suorittamiseksi automaattisesti.

- 25 17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu** siitä, että välineet suodattimen (5) virityksen suorittamiseksi automaattisesti käsittävät välineet (2, 8) suodattimen (5) virittämiseksi väli-  
ajoin.

- 30 18. Jonkin patenttivaatimuksen 10—17 mukainen elektroniikkalaite, **tunnettu** siitä, että se käsittää ainakin yhden kompleksisen suodattimen.

- 35 19. Langaton viestintälaite, joka käsittää ainakin yhden suodattimen (5), joka käsittää ainakin yhden muutettavissa olevan aikavakion, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan

17

- (pc) sijaintia voidaan muuttaa, **tunnettu** siitä, että langaton viestintä-  
laite käsittää lisäksi välineet (14, 15) ainakin yhden vertailusignaalin  
syöttämiseksi mainittuun suodattimeen (5), välineet mainitun vertailu-  
signaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisen taajuussuhteen  
5 muuttamiseksi, ja välineet (outl+, outl-, outQ+, outQ-,) suodattimen (5)  
lähtösignaalin voimakkuuden mittaamiseksi eri mainitun vertailu-  
signaalin ja mainitun ainakin yhden aikavakion välisillä taajuussuhteilla,  
jolloin mainitun suodattimen (5) päästökaistan sijainti on järjestetty  
määritettäväksi suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden  
10 mittauksen ja mainitun vertailusignaalin ja mainitun ainakin yhden aika-  
vakion välisen taajuussuhteen perusteella.

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen langaton viestintälaite,  
**tunnettu** siitä, että se käsittää ainakin yhden kompleksisen  
15 suodattimen.

(57) Tiivistelmä

Keksintö koskee menetelmää suodattimen (5) virittämiseksi. Suodattimessa on ainakin yksi muutettavissa oleva aikavakio, jolla mainitun ainakin yhden suodattimen päästökaistan (pc) sijaintia voidaan muuttaa. Menetelmässä mainittuun suodattimeen (5) syötetään ainakin yksi vertailusignaali, ja muutetaan mainitun ainakin yhden vertailusignaalin taajuutta, ja/tai muutetaan mainittua ainakin yhtä suodattimen (5) aikavakiota. Menetelmässä lisäksi mitataan suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuutta, ja määritetään suodattimen (5) lähtösignaalin voimakkuuden mittauksen perusteella mainitun suodattimen (5) päästökaistan sijainti.

Fig. 2

14

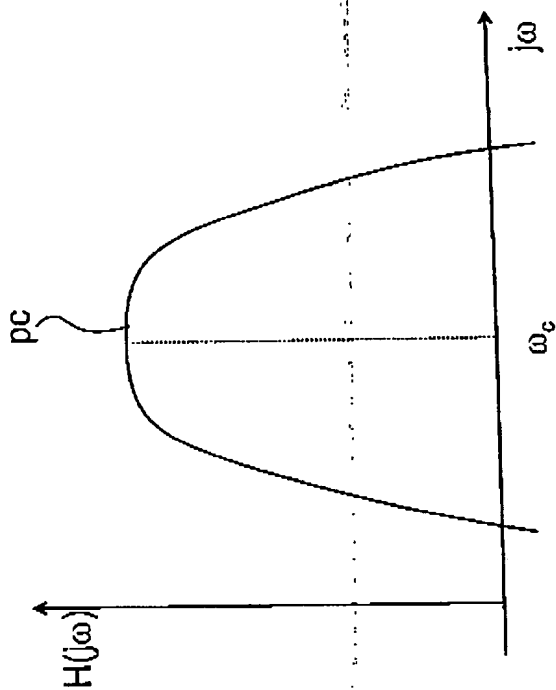


Fig. 1b

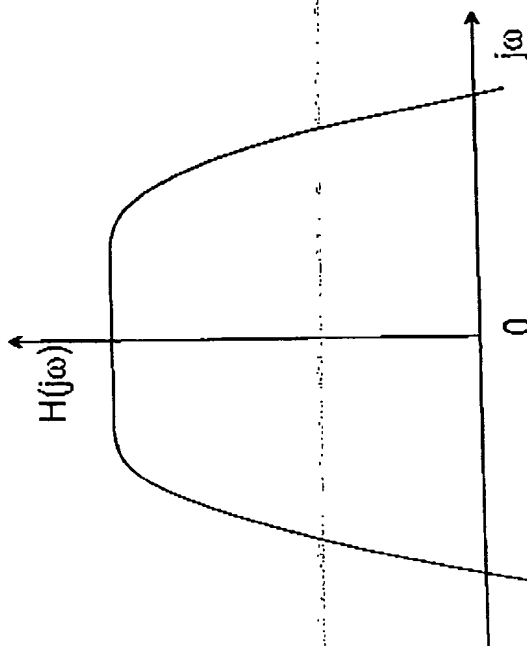


Fig. 1a

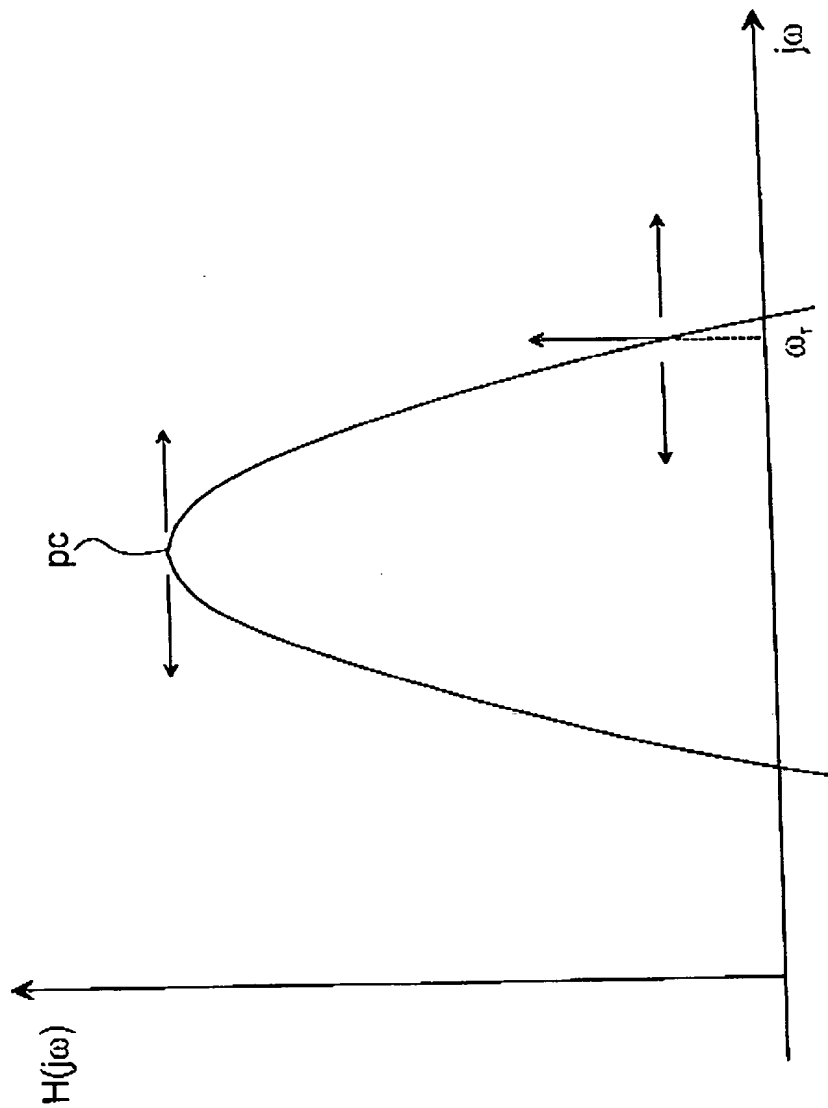


Fig. 2

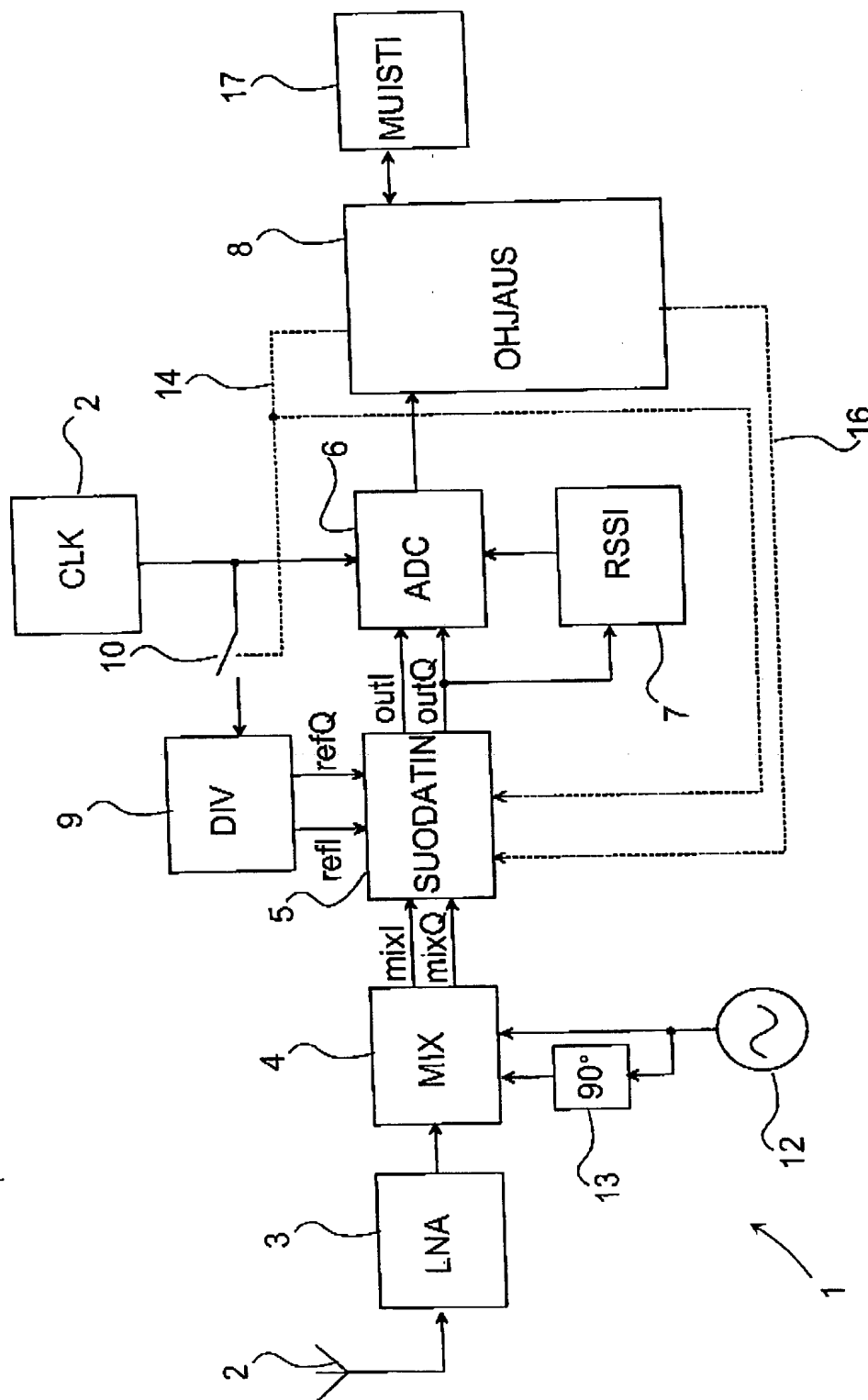


Fig. 3

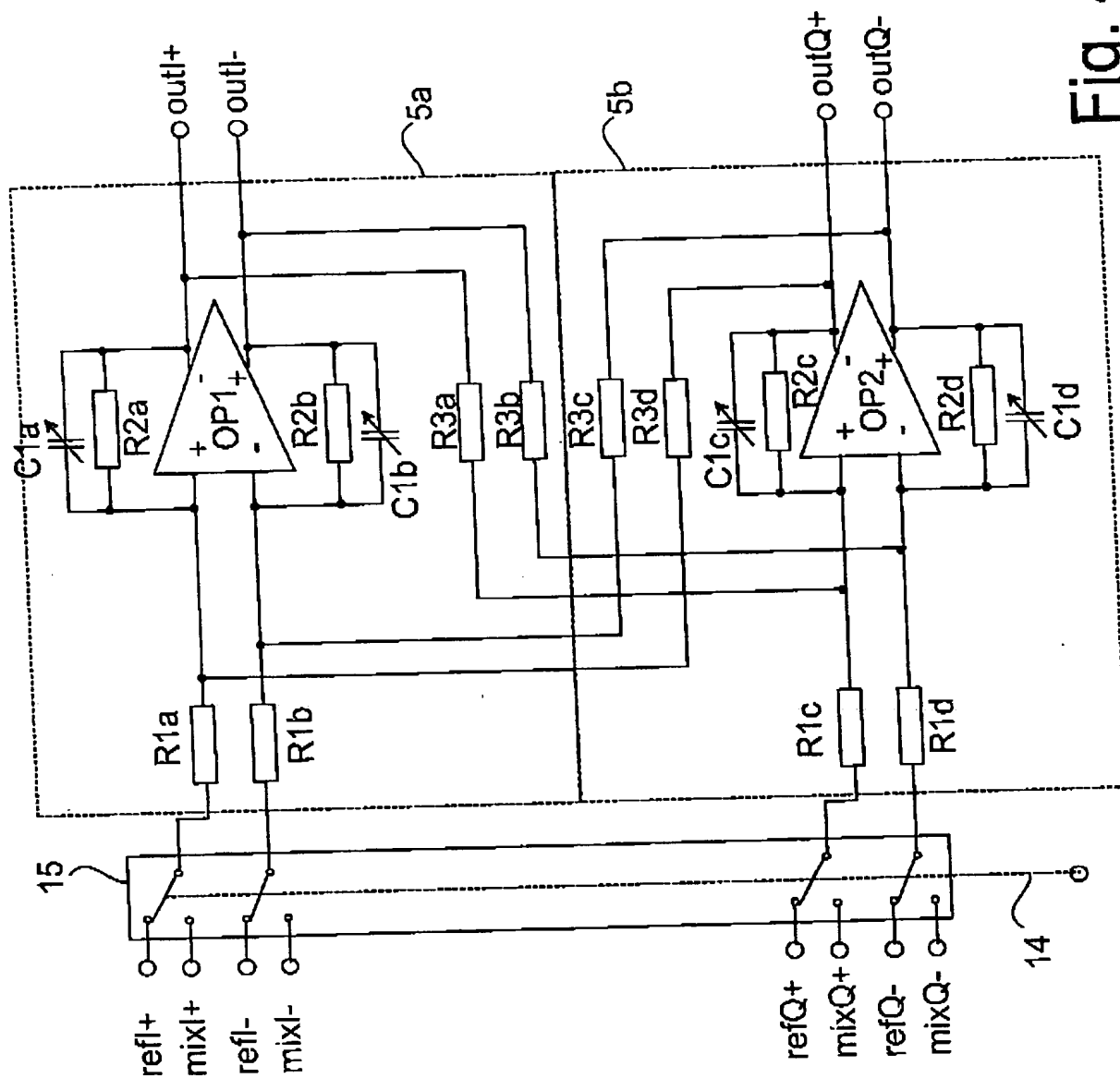


Fig. 4